

DOI: 10.55505/sa.2024.1.04
UDC: 634.232:581.45



METODA DE DETERMINARE A SUPRAFEȚEI DE FRUNZE LA SPECIA CIREȘ (*PRUNUS AVIUM* L.)

Valerian BALAN*, ORCID: 0000-0001-9875-8888,
Stanislav RUSSU, ORCID: 0009-0005-9115-5589,
Cornel BUZA, ORCID: 0009-0006-3097-9709,
Dmitri DODICA, ORCID: 0009-0000-5948-2727,
Dumitru TALPALARU, ORCID: 0009-0003-7098-4535

Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova

*Correspondență: Valerian BALAN - e-mail: valerian.balan@h.utm.md

Abstract. The paper presents a comparative analysis of the existing methods for determining the leaf area of fruit trees and proposes a calculation model using simple and non-destructive techniques. The research was carried out on the Regina sweet cherry variety, grafted on Maxma 14, planted at the distance of 5x3 m. To determine the surface of leaf apparatus, a calculation model was used based on the average surface of a leaf and the average number of leaves per 1 linear meter in the volume of the crown. The average area of a leaf was calculated by the gravimetric method. To determine the average number of leaves per 1 linear meter, measurements were made with a 1m ruler in the volume of the crown. The ruler was placed twenty times at different angles from the vertical and each time the leaves were counted along the length of the ruler. The actual volume of the crown was determined by the height of the crown, the width in the central part of the crown, as well as the distance between tree rows. Based on the obtained data the following was calculated: 1) leaf area, 2) ratio between leaf area and crown projection area, 3) ratio between the total surface area of leaves and orchard area.

Keywords: *Prunus avium*; Trees; Leaf area; Calculation model.

Rezumat. Lucrarea prezintă o analiză comparativă a metodelor existente de determinare a suprafeței frunzelor la plantele pomicele și propune un model de calcul folosind tehnici simple și nedestructive. Cercetările s-au efectuat la soiul de cireș Regina, altoit pe Maxma 14, plantat la distanța de 5x3 m. Pentru determinarea suprafeței aparatului foliar s-a utilizat un model de calcul bazat pe suprafața medie a unei frunze și pe numărul mediu de frunze pe 1 metru liniar în volumul coroanei. Aria medie a unei frunze a fost calculată prin metoda gravimetrică. Pentru determinarea numărului mediu de frunze pe 1 metru liniar s-au efectuat măsurări cu rigla de 1 m în volumul coroanei. Rigla a fost plasată de douăzeci ori în unghiuri diferite față de verticală și de fiecare dată s-au numărat frunzele pe lungimea riglei. Volumul real al coroanei s-a determinat în funcție de înălțimea coroanei, de lățimea în partea centrală a coroanei, precum și de distanța dintre rândurile de pomi. În baza datelor obținute s-a calculat: 1) suprafața foliară, 2) suprafața foliară raportată la suprafața proiecției coroanei, 3) raportul dintre suprafața totală a frunzelor și suprafața livezii.

Cuvinte-cheie: *Prunus avium*; Pomi; Suprafață foliară; Model de calcul.

INTRODUCERE

Studiul proceselor vitale ale organismelor vegetale implică măsurarea unui număr mare de indicatori cu ajutorul variatelor metode de calcul (Овсяников, 1985; Sala et al., 2015). Frunza, fiind principalul element asimilator al plantei, servește ca material structural și energetic pentru întreaga plantă, iar aria frunzei este utilizată pentru evaluarea potențialului fotosintetic și a intensității activității sale. Parametrii plantei, cum ar fi suprafața frunzelor sau indicele suprafeței frunzelor, joacă un rol important în înțelegerea fotosintezei, precum și în procesele de interceptare a luminii, utilizarea apei și a nutrienților și creșterea plantelor.

Metodele de estimare a suprafeței frunzelor și a indicelui foliar la pomii fructiferi sunt adesea laborioase, ineficiente și prezintă o precizie scăzută. În 1911, G. Montgomery a propus calcularea suprafeței frunzelor pe baza dimensiunilor lor liniare (Томилин & Лукьянов, 1972). Până în prezent, s-a acumulat multă experiență în estimarea suprafeței frunzelor la diferite specii de plante prin metode de calcul bazate pe factorul de conversie sau prin ecuații de regresie care leagă aria frunzei cu dimensiunile sale liniare (lungime și lățime) (Montero et al., 2000; Demirsoy et al., 2004; 2003; Serdar & Demirsoy, 2006; Roupael et al., 2007; Cristofori et al., 2007; Киселева, 2017; Singh et al., 2018).

Cele mai utilizate metode pentru determinarea ariei frunzei unei plante sau calculul ariei aparatului foliar sunt metoda gravimetrică și metoda planimetrică (Ничипорович, 1969; Моисейченко et al., 1996; Balan, 2009).

Scopul acestei lucrări constă în analiza comparativă a metodelor de determinare a suprafeței frunzelor la plantele pomicole și dezvoltarea unui model de determinare a suprafeței frunzelor la specia cireș prin măsurători liniare ale înălțimii și lățimii coroanei, precum și ale densității frunzelor. Acest model va permite determinarea potențialului fotosintetic și a indicelui foliar al livezii pe parcursul perioadei de vegetație, fără a distruge frunzele.

MATERIALE ȘI METODE

Studiile și cercetările cu privire la determinarea suprafeței foliare la specia cireș au fost efectuate în zonele centrală și de nord ale Republicii Moldova. A fost studiat soiul de cireș Regina, altoit pe portaltoiul Maxma 14, plantat în anul 2011 la distanța de 5x3 m. Rândurile de pomi au fost situate de la nord la sud, pomii s-au împreunat pe direcția rândului și au fost formați după sistemul de coroană natural ameliorată cu volum redus. Suprafața frunzei s-a determinat prin metoda gravimetrică. Pentru determinarea suprafeței limbului, din partea superioară a lăstarului s-au colectat frunze situate în pozițiile a 5-a și a 6-a și frunze normal dezvoltate din rozete. Examinarea frunzelor s-a făcut în laborator, pe material proaspăt, neofilat sau uscat.

Suprafața limbului foliar a fost determinată separat, atât pentru lăstari, cât și pentru rozete, utilizând planimetrul și analizând câte 100 de frunze pentru fiecare categorie, sau prin metoda gravimetrică (Balan, 2009). Pentru a măsura aria limbului prin metoda gravimetrică, s-a stabilit mai întâi greutatea verde a frunzelor. Ulterior, din limbul frunzelor s-au prelevat probe sub formă de runde cu ajutorul unui burghiu tubular cu diametrul de 0,8-1,2 cm, care au fost apoi cântărite.

Eșantionul de runde se prelevă astfel încât să fie preponderent din partea cu nervuri centrale a limbului frunzei. Valorile masei limbului, numărul, aria și masa rundelor servesc pentru determinarea suprafeței limbului conform formulei:

$$Sf = Mf \cdot N \cdot Sr / Mr,$$

unde Sf – aria frunzei, cm²; Mf – masa frunzei, g; Mr – masa rondelilor, g; N – numărul de runde, buc.; Sr – suprafața rundeii.

Dezavantajul acestei metode constă în nivelul de precizie relativ scăzut, deoarece masa rondelilor luate din diferite locuri ale limbului va fi inegală din cauza diferențelor de grosime a frunzei la bază și vârf. Cu toate acestea, metoda este destul de simplă și precisă atunci când eșantionul de runde este preluat cu nervuri centrale.

Metoda planimetrică constă în determinarea suprafeței frunzei în conformitate cu instrucțiunile atașate la planimetru. Fotoplanimetrele electronice moderne sunt programate astfel încât să permită comunicarea cu un calculator echipat cu o miniimprimantă și să poată prelua funcțiile digitizatorului. Acestea pot fi utilizate direct în teren, prin măsurarea suprafeței frunzei atașate direct de plantă. Metoda planimetrică este performantă și destul de precisă, însă echipamentul necesar pentru realizarea măsurărilor nu este întotdeauna accesibil.

De remarcat că, în majoritatea modelelor matematice, determinarea suprafeței frunzei este realizată pe baza factorului de conversie sau prin ecuații de regresie care leagă aria frunzei cu dimensiunile liniare (lungime și lățime). Astfel de modele au fost dezvoltate pentru unele specii pomicele – *Pirus communis* L., *Pirus serotina* Rehd. (Киселева, 2017), *Prunus avium* L. (Demirsoy et al., 2003), *Prunus persica* L. (Demirsoy et al., 2004), *Castanea sativa* Mill. (Serdar & Demirsoy, 2006), *Corylus avellana* L. (Cristofori et al., 2007), *Malus domestica* Borch. (Sala et al., 2015). Calculul se bazează pe corelația dintre forma frunzei cu forma geometrică, care se potrivește suficient de bine cu configurația frunzei (eliptică, lanceolată, ovală, rotunjită, cordată). Varietatea formelor de limb la frunze implică o mare variație în alegerea dimensiunilor liniare. În cele mai multe cazuri sunt utilizați doi indicatori – lungimea și lățimea, în strânsă corelare cu suprafața frunzei. După ce se determină forma figurii care se potrivește frunzei, se calculează coeficientul de proporționalitate între aria reală a foii, măsurată prin una dintre metodele directe (gravimetrică sau planimetrică) și aria figurii (Третьяков et al., 1990; Balan, 2009). Dacă limbul frunzei se încadrează într-un dreptunghi, coeficientul se determină ca raportul dintre suprafața reală a frunzei și aria dreptunghiului cu laturile x și y:

$$K = S / L_1 \cdot L_2$$

unde K – coeficient; L₁ – lungimea limbului, cm; L₂ – lățimea limbului, cm; S – suprafața frunzei, cm², determinată prin metoda directă (Balan, 2009; Киселева, 2017; Singh et al., 2018). Coeficientul K se obține pe baza măsurărilor a mai multor frunze în mod repetat în timpul vegetației. Această metodă este productivă, permite observarea pe termen lung a creșterii frunzelor, are precizie mai scăzută, iar valoarea coeficienților variază de la 0,6 la 0,9.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Metodele prezentate se referă la determinarea suprafeței frunzei selectate separat sau prin stabilirea factorilor de conversie. Despre importanța estimării suprafeței foliare a plantației și a indicelui foliar (raportul dintre suprafața totală a frunzelor și suprafața livezii) se discută, de obicei, mai puțin, deși acești indicatori sunt foarte importanți pentru plantațiile perene. Metodele utilizate pentru estimarea suprafeței frunzelor în plantații necesită efort și multă muncă și sunt ineficiente deoarece sunt asociate cu separarea fizică a frunzelor de plantă, ceea ce nu permite monitorizarea în continuare a

creșterii lor. Prin urmare, dezvoltarea unor metode simple, accesibile și eficiente de estimare a potențialului fotosintetic al livezii și a indicelui foliar va rezolva problemele puse în fața agriculturilor și va oferi recomandări practice specifice tehnologiei de cultură.

Actualmente, în practica pomicolă se utilizează metoda care se bazează pe numărul frunzelor ce rezultă din numărarea pe lăstar și, separat, pe buchete de mai (ramura-buchet, rozetă). Potențialul fotosintetic și de creștere al pomilor se determină pe baza măsurărilor lungimii însumate a ramurilor anuale, precum și a numărului de rozete. În perioada de repaus vegetativ se numără ramurile-buchet și se măsoară toate creșterile anuale cu lungimea mai mare de 4-5 cm. Pe ramurile anuale se numără nodurile și se determină densitatea lor. Numărul rozetelor din frunze pe pom se determină prin însumarea ramurilor-buchet și a pintenilor (ramuri de rod în devenire). Metoda descrisă a demonstrat că nu dimensiunea lăstarilor este criteriul de bază al aprecierii suprafeței foliare, ci valoarea totală a creșterilor anuale. Pentru determinarea suprafeței foliare din rozete trebuie să cunoaștem numărul de rozete din frunze, numărul mediu de frunze în rozetă și suprafața frunzei din rozetă (Balan, 2009).

Metodologia de determinare a potențialului fotosintetic în livezi vizează relațiile dintre potențialul de producție, înălțimea, grosimea, forma coroanei și elementele tehnologice (Balan, V. 2009; Sala F. et al. 2015). Metoda propusă de autor admite determinarea suprafeței frunzelor și a indicelui suprafeței foliare folosind tehnici simple și nedistructive. Aceasta constă în evaluarea suprafeței foliare prin densitatea frunzelor găsite pe 1 m liniar, în volumul coroanei, pe rândul de pomi. În câmp avem nevoie de o riglă de lemn de 1 m lungime. Pe o secțiune a rândului de pomi de 1 m lungime, rigla se plasează în unghiuri diferite față de verticală și de fiecare dată se numără frunzele pe lungimea riglei. Rigla se poziționează în coroana pomului astfel încât să cuprindă întreg spațiul coroanei pe o lungime de 1 m. Numărul de poziționări ale riglei poate varia până la 18-20, în funcție de uniformitatea coroanei și a frunzelor.

Prin studiul de față ne-am propus dezvoltarea algoritmului și ecuațiilor de regresie pentru estimarea suprafeței foliare a livezii și a indicelui foliar conform următoarei scheme:

1. Determinarea suprafeței medii a frunzelor într-o unitate de volum, care include 1 m liniar din volumul rândului de pomi. Metoda utilizează datele obținute prin măsurările efectuate cu rigla de 1 m în volumul coroanei, iar indicele studiat se determină în baza numărului frunzelor numărate pe un metru liniar și a ariei medii a unei frunze, calculată prin metoda gravimetrică.
2. Volumul real al coroanei se determină în funcție de înălțimea coroanei, de lățimea în partea centrală a coroanei, precum și de distanța dintre rândurile de pomi.
3. Suprafața foliară la 1 m² de proiecție a coroanei pe sol și la 1 m² de suprafață a livezii se calculează după următoarele formule:

$$PFL = Sf * N3 * H, m^2/m^2 \quad (1)$$

$$IF = PFL * B/L, m^2/m^2 \quad (2)$$

unde Sf – aria medie a unei frunze, m²; N – numărul de frunze pe 1 metru liniar din volumul coroanei, buc.; H – înălțimea medie a coronamentului, m; B – lățimea medie a coronamentului, m; L – distanța dintre rânduri, m; PFL – suprafața foliară raportată la suprafața proiecției coroanei, m²/m²; IF – raportul dintre suprafața totală a frunzelor și suprafața livezii, m²/m².

Tabelul 1. Metoda de determinare a suprafeței foliare a pomilor de cireș (Portaltoiul Maxma 14, distanța de plantare 5x3 m, coroană natural ameliorată cu volum redus, vârsta pomilor 12 ani, 2022)

Nr. crt.	Specificare	Unități de măsură	Soiul Regina
1	Înălțimea coroanei	cm	390
2	Lățimea medie a coroanei	cm	249
3	Suprafața limbului	cm ²	93,06
4	Numărul frunzelor pe 1 m liniar	buc.	25,33
5	Suprafața foliară raportată la suprafața proiecției coroanei	m ² /m ²	5,89
6	Raportul dintre suprafața totală a frunzelor și suprafața livezii	m ² /m ²	2,93
7	Suprafața foliară	m ² /ha	29332

Căutarea modelului optim de amplasare a riglei pentru determinarea numărului de frunze pe metru liniar s-a realizat prin plasarea riglei de 20 ori în unghiuri diferite față de verticală, începând de la axul pomului. Testele au arătat că, pentru soiul de cireș Regina, includerea riglei în volumul coroanei a oferit un calcul destul de precis al numărului frunzelor pe metru liniar – 25, 26, 24, 24, 25, 27, 26, 23, 25, 26, 28, 25, 25, 26, 26, 25, 24, 26, 26, 25 (media 25,33 buc.). Metoda este simplă pentru estimarea suprafeței frunzelor și poate fi utilizată pentru a studia relația dintre suprafața frunzelor și creșterea pomilor. În baza datelor prezentate s-a calculat suprafața foliară raportată la suprafața proiecției coroanei (5,89 m²/m²), raportul dintre suprafața totală a frunzelor și suprafața livezii (2,93 m²/m²) și suprafața foliară (29332 m²/ha).

Constatăm că potențialul fotosintetic al livezii, indicele foliar și suprafața frunzelor sunt indici de maximă importanță teoretică și practică. În primul rând, suprafața foliară trebuie tratată pe parcursul vegetației, diferențiat pentru fiecare specie și soi cultivate. Pe de altă parte, densitatea pomilor trebuie să fie corelată cu condițiile de mediu și posibilitățile reale de formare și dirijare a coroanei, pentru a nu se ajunge în situații de umbră a coroanei. Există structuri ale plantației pomicole unde ansamblul vegetativ al coronamentului se integrează la valori optime în funcție de condițiile climatice (Balan, 1996; 2010; 2015). Pomii trebuie conduși astfel ca suprafața foliară să se dezvolte cât mai repede, prin utilizarea rațională a tăierii pomilor, fertilizării, irigării, combaterii bolilor și dăunătorilor etc. Ulterior, atenția trebuie îndreptată spre menținerea suprafeței foliare active o perioadă cât mai mare de timp, iar determinarea suprafeței frunzelor fără a le distruge contribuie la aceasta.

CONCLUZII

Metoda propusă necesită mai puțin timp, este simplă, accesibilă și eficientă pentru estimarea indicilor luați în studiu: potențialul fotosintetic al livezii, indicele foliar și suprafața frunzelor. De asemenea, metoda sugerează un model de calcul al suprafeței foliare la cireș bazat pe numărul mediu de frunze pe 1 metru liniar în volumul coroanei și pe suprafața medie a unei frunze. Utilizată pentru a calcula suprafața foliară la cireș, metoda propusă poate fi aplicată și la alte specii pomicole.

Metoda poate fi utilizată pentru determinarea suprafeței foliare, monitorizarea ratei fotosintezei și a modificărilor suprafeței frunzelor pe parcursul vegetației, fără a

le distruge. Totodată, această metoda poate fi aplicată la soluționarea problemelor întâmpinate de producătorii de fructe, oferind recomandări practice specifice tehnologiei de cultură, inclusiv utilizarea elementelor minerale și a apei.

RECUNOAȘTERI

Acest studiu a fost susținut de Agenția Națională de Cercetare și Dezvoltare (ANCD) prin proiectul 20.80009.5107.04, intitulat „Adaptarea tehnologiilor durabile și ecologice de producere a fructelor sub aspect cantitativ și calitativ în funcție de integritatea sistemului de cultură și schimbărilor climaterice”. Directorul proiectului este doctor habilitat, prof. univ. Valerian BALAN.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. BALAN, V. (2010). Lumina ca factor de producție în pomicultură. In: *Lucrări științifice*. Univ. Agrară de Stat din Moldova, vol. 24(1): Horticultură, viticultură și vinificație, silvicultură și grădini publice, protecția plantelor, pp. 13-19. ISBN 978-9975-64-191-3.
2. BALAN, V. (2009). Metoda de determinare a suprafeței foliare la măr. In: *Știința agricolă*, nr. 2, pp. 35-39. ISSN 1857-0003.
3. BALAN, V. (1996). Metodă de stabilire a distanței dintre rândurile de pomi fructiferi. Brevet de invenție nr. 361 F1. A 01 G 1/00,17/00, nr. depozit 95-0116, data depozit 06.01.1995. Universitatea Agrară de Stat din Moldova. Publicat 31.01.1996. In: *Buletinul Oficial de Proprietate Intelectuală*, nr. 1, p. 32.
4. BALAN, V. (2015). Tehnologii în intensificarea culturii mărlui și cireșului. In: *Akademios*, nr. 3(38), pp. 82-87. ISSN 1857-0461.
5. CRISTOFORI, V. et al. (2007). A simple model for estimating leaf area of hazelnut from linear measurements. In: *Scientia Horticulturae*, vol. 113(2), pp. 221-225.
6. DEMIRSOY, H. et al. (2004). Non-destructive leaf area estimation in peach. In: *European Journal of Horticultural Science*, vol. 69(4), pp. 144-146.
7. DEMIRSOY, H., DEMIRSOY, L. (2003). A validated leaf area prediction model for some cherry cultivars in Turkey. In: *Pakistan Journal of Botany*, vol. 35(3), pp. 361-367.
8. MONTERO, F.J. et al. (2000). Nondestructive Methods to Estimate Leaf Area in *Vitis vinifera* L. In: *HortScience*, vol. 35(4), pp. 696-698. Available: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.35.4.696>
9. ROUPHAEL, Y. et al. (2007). Leaf area estimation of sunflower leaves from simple linear measurements. In: *Photosynthetica*, vol. 45(2), pp. 306-308.
10. SALA, F. et al. (2015). Leaf area constant model in optimizing foliar area measurement in plants: A case study in apple tree. In: *Scientia Horticulturae*, vol. 193, pp. 218-224. Available: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.07.008>
11. SERDAR, U., DEMIRSOY, H. (2006). Non-destructive leaf area estimation in chestnut. In: *Scientia Horticulturae*, vol. 108(2), pp. 227-230. Available: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.01.025>
12. SINGH, M. C., SINGH, K. G., SINGH, J. P. (2018). Indirect method for measurement of leaf area and leaf area index of soilless cucumber crop. In: *Advances in Plants & Agriculture Research*, vol. 8(2), pp. 188-191.
13. КИСЕЛЕВА, Н. С. (2017). Способ вычисления площади листа груши по линейным измерениям с помощью расчетных коэффициентов и методов вариационной статистики. В: *Сельскохозяйственная биология*, том 52, № 1, с. 211-217.
14. МОИСЕЙЧЕНКО, В. И. et al. (1996). *Основы научных исследований в агрономии*. Москва: Колос, 336 с.
15. НИЧИПОРОВИЧ, А. А. (1961). *Фотосинтетическая деятельность растений в посевах*. Москва, 135 с.

16. НИЧИПОРОВИЧ, А. А. (1969). *Методические указания по учету и контролю важнейших показателей процессов фотосинтетической деятельности растений в посевах*. Москва, 93 с.
17. ОВСЯНИКОВ, А. С. (1985). *Оценка фотосинтетической деятельности плодовых и ягодных культур в связи с формированием урожая*. Мичуринск, 52 с.
18. ТОМИЛИН, В. Ф., ЛУКЬЯНОВ, В. М. (1972). Быстрое определение площади листьев у яблони. В: *Вести, с.-х. науки*, № 2, с. 107-109.
19. ТРЕТЬЯКОВ, Н. Н., КАРНАУХОВА, Т. В., ПАНИЧКИН, Л. А. (1990). *Практикум по физиологии растений*. Москва, 271 с.

Conflict of interests

No competing interests were disclosed.

Authors' contributions

This work was carried out in collaboration among all authors. All authors read and approved the final manuscript.

Paper history

Received 11.04.2024; Accepted 24.05.2024

Copyright: © 2024 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).